

Ingeniería de innovación aplicada a empresa productora de empaques flexibles en polietileno de alta y baja densidad y de propileno con impresión y sin impresión

JESÚS DAVID CASTAÑEDA A*
ALEJANDRO VÁSQUEZ**



Libro Operation Management

Resumen

Este artículo tiene como finalidad presentar los resultados obtenidos al aplicar los métodos o técnicas de innovación determinados en la investigación “Ingeniería de innovación para Pyme metalmecánica”.

* Profesor del Programa Ingeniería de Producción. Grupo de Investigación en Competitividad y Productividad Empresarial. Universidad Autónoma de Occidente. dcastaneda@cuao.edu.co

** Ingeniero de Producción. Investigador Asociado. calidad@ferplasticos.com

Fecha de recibo: junio de 2006 Fecha de aceptación: agosto de 2006

La empresa escogida fabrica empaques flexibles de polietileno de alta y baja densidad y de polipropileno con impresión y sin impresión. El análisis se centra en dos variables que afectan significativamente el proceso y la productividad de la empresa: el desperdicio mensual y el tiempo improductivo mensual. De igual manera, muestra la importancia de generar o aplicar técnicas o métodos para medir, observar, detectar y analizar los problemas del proceso productivo con el fin de proponer e implementar acciones correctivas para optimizar el proceso productivo y aumentar la productividad, mediante la utilización de técnicas y métodos de innovación.

Palabras clave: Innovación de procesos, productividad, herramientas de innovación

Abstract

This paper has as purpose present the results obtained on having applied the methods or technologies of innovation determined in the investigation “Engineering innovation for Pyme metalmecánica”. The select company makes flexible packings of polyethylene of high and low density and of polipropileno with impression and without impression. The analysis centres on two variables that affect significantly the process and the productivity of the company: the monthly waste and the unproductive monthly time. Of equal way, it shows the importance of generating or applying technologies or methods to measure, to observe, to detect and to analyze the problems of the productive process in order to propose and to implement corrective actions to

optimize the productive process and to increase the productivity, by means of the utilization of technologies and methods of innovation

Key Words: Motivation process, productivity, innovation tools.

1. Introducción

El sector del plástico está ubicado dentro de la industria manufacturera. Tuvo su origen a finales de los años treinta con la política de sustitución de importaciones.¹ Este sector incluye solamente los productos plásticos, no sus materias primas, y fabrica principalmente bolsas plásticas, con impresión o sin impresión, tubería de polivinilo, películas tubulares impresas, películas de polipropileno y películas de polietileno.² Las empresas de este sector dedicadas a la producción de empaques y envases plásticos representan alrededor del 52% de la producción nacional.

Las frecuentes fluctuaciones de las materias primas que utilizan estas empresas y los desarrollos tecnológicos que continuamente se realizan a las máquinas empleadas en el proceso productivo exigen que la empresa desarrolle o aplique modelos de planeación, de producción y de intercambio de información que permitan generar e implementar estrategias para competir con éxito en el presente y crecer en el futuro. Es decir, generar o aplicar técnicas o métodos para medir, observar, detectar y analizar los problemas del proceso productivo con el fin de proponer e implementar acciones correctivas para mejorar el proceso productivo y aumentar la produc-

1 Montilla, O. Modelo de evaluación de gestión de empresas industriales del subsector de empaques y envases de plástico. Estudios Gerenciales. Universidad Icesi. Enero- Marzo 2005 Cali, Colombia.

2 ANIF. Informe de mercados industriales. Productos plásticos. Bogotá, 2000.



tividad, mediante la utilización de técnicas y métodos de innovación.

2. Elementos conceptuales de innovación

El mejoramiento de los procesos implica tanto el enfoque evolutivo como el de innovación. El mejoramiento³ involucra un cambio en la manera como se asume el trabajo. Además de realizarlo en equipo, cada trabajador debe transformar sus hábitos personales, garantizar calidad en el trabajo diario, de tal manera que genere mejora o innovación en la forma como se lleva a cabo. Un procedimiento inicial para cambiar el comportamiento de los trabajadores motivando un ambiente de economía, organización, limpieza, salud y disciplina, se conoce como las cinco eses (5s). Una vez se ha realizado el procedimiento de las cinco eses (5s), se pasa a la aplicación de las herramientas de innovación que permiten establecer las debilidades que poseen los procesos y a partir de ellas generar métodos que induzcan progresos y desarrollos en el proceso de fabricación. Con este fin se han desarrollado dos tipos de herramientas: las básicas y las técnicas. El primer grupo está constituido por métodos diseñados para análisis de datos, análisis de posibles causas que afectan el proceso, control del proceso, entre otros. El segundo grupo denominado “técnicas de planeación y gerencia” facilita la realización de planes de desarrollo, anticipar anomalías, establecer relaciones y planear la asignación de recursos, y programar actividades con criterios definidos.

Las herramientas recomendadas para determinar las falencias del proceso de fabricación se conocen como “técnicas de control de calidad”;

comprenden el análisis de Pareto, diagrama causa- efecto, lista de chequeo, diagrama de flujo, histograma, diagrama de dispersión y gráficos de control. La metodología estadística de análisis y solución de problemas es una herramienta práctica y coherente con el nivel de preparación de las personas que laboran en las empresas y aplicable a cualquier nivel de la organización. Sus características más relevantes son:

- Se aplica a la solución de cualquier tipo de problema y proyectos de mejora o innovación. aunque, en ocasiones se hacen algunas modificaciones a la metodología planteada.
- Se puede trabajar en equipo o en forma individual.
- Se aplica a problemas crónicos y urgentes.
- Aplicable a todos los niveles de la organización.
- Cuando se aplica adecuadamente, los problemas se resuelven exitosamente.
- Es una guía importante en el trabajo de equipos de mejora o innovación.

3. Descripción de la metodología

3.1 Conocimiento del proceso a estudiar Para iniciar cualquier tipo de estudio es necesario conocer el proceso de fabricación. Para estudiarlo de manera detallada se describe mediante símbolos, líneas y palabras simples mostrando las actividades que se realizan, desde la condición de partida hasta la ejecución final. Igualmente las relaciones entre las diferentes operaciones indicando cómo se hace y en qué secuencia se desarrollan. El proceso de fabricación puede

3 Mejoramiento incremental a pequeña escala pero constante, para lograr mejora en los procesos, trabajando con el conocimiento, la experiencia y las habilidades de las personas involucradas en él.

analizarse mediante un diagrama de flujo, el cual presenta una secuencia lógica de las diferentes actividades que lo componen, o de una hoja de operación donde se describen paso a paso las operaciones necesarias para la fabricación de un producto.

3.2 Definición del problema

Cuando se libera una orden de trabajo, el objetivo principal es elaborar el producto en el tiempo correcto, en las cantidades solicitadas y con las especificaciones establecidas por el cliente. Sin embargo, durante el proceso de fabricación pueden ocurrir muchos eventos que afectan la programación y la calidad del producto, tales como falla de la máquina herramienta, desgaste y rotura de la herramienta, ausencia de trabajadores, producto fuera de especificaciones, etc. La adecuada definición del problema establece claramente el objetivo de la investigación

3.3 Análisis de las condiciones actuales Para el análisis del proceso de fabricación actual se requiere de la aplicación de una metodología que permita la recopilación de datos acerca de los problemas que afectan el proceso. El método aplicado se debe iniciar con la elaboración y análisis de un diagrama de flujo. Mediante esta gráfica se tiene un entendimiento de las actividades que caracterizan el proceso, además, facilitan la utilización de herramientas orientadas a detectar anomalías en el proceso, así como alternativas de solución. Conocido el proceso, comienza la etapa de adquisición de datos estadísticos de aquellas variables que afectan el proceso de fabricación. Esta actividad implica la consulta de reportes acerca del desarrollo del proceso productivo, de problemas surgidos durante la producción y de imperfecciones (defectos) presentes en el producto final.

4. Etapas para la aplicación del modelo de innovación

Para la aplicación de los modelos de innovación de la gestión de manufactura se seleccionó una empresa del sector del plástico. La empresa fabrica empaques flexibles en polietileno de alta y baja densidad, y de polipropileno con impresión y sin impresión. Para la fabricación de estos productos la empresa dispone de extrusoras de los años ochenta con un deterioro pronunciado. Se escogió el área de extrusión para aplicar los modelos de innovación de la gestión de manufactura.

4.1 Descripción del proceso⁴

Los gránulos de plástico alimentan la extrusora,⁵ Figura 1, mediante una tolva a un cilindro de extrusión, donde se calienta, se funde y se hace fluir a través del orificio de un dado por medio de un tornillo giratorio para producir el tubo que luego se estira hacia arriba, y aún fundido, se expande simultáneamente su tamaño por inflado de aire a través del dado. El efecto que produce el soplado con aire es estirar la película en ambas direcciones mientras se enfría. La película extruída como un tubo continuo se enrolla en carretes o se divide por la mitad con una cuchilla cortante para doblar su anchura.

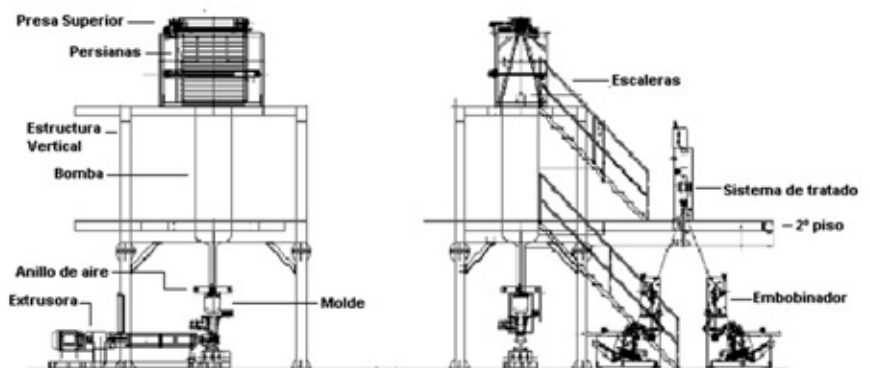
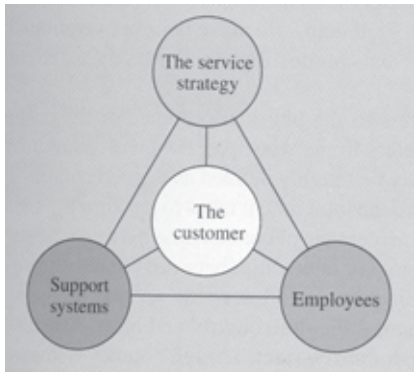


Figura 1. Vista frontal y lateral de una de las extrusoras utilizadas en el proceso

⁴ Es una descripción muy resumida del proceso estudiado. La descripción completa y detallada del proceso se encuentra en el documento original.

⁵ La empresa posee ocho extrusoras. El estudio se realizó con las extrusoras E4, E5, E6, E7, E8.



4.2 Definición del problema

El área de extrusión no tiene registro ni análisis de las causas que producen desperdicio y tiempos improductivos. Por tal motivo no es posible realizar un seguimiento o análisis a los fenómenos que están influyendo directamente en el funcionamiento operativo del área.

4.3 Condiciones actuales

La información de la producción y el desperdicio se registra manualmente para cada máquina cada mes. Los gráficos se presentan en carteleras con marcador, se toma la información y se digitan en Excel. Esta información se presenta cada mes en el comité gerencial, donde se visualiza el comportamiento de cada proceso de la empresa, Figuras 2 y 3. Al comparar esta información con la del centro de costos de producción de la empresa, presenta divergencia en las cantidades producidas, desperdicios y tiempos improductivos, por lo cual la gerencia no tiene confianza en la información suministrada por producción. Para la reunión mensual, la gerencia exige que la información, tanto de costos como de producción, tenga la mínima variación, en cuanto a las cantidades producidas en el mes. Esto no es

posible porque los procedimientos que se utilizan para anotar las actividades de producción sirven sólo como registro. Estos registros, además de no contener la información adecuada, no son considerados útiles por el área de producción y la gerencia.

4.4 Recolección de información

Para recolectar datos con el fin de analizar el proceso y proponer y ejecutar acciones tendientes a corregir las anomalías y aumentar la productividad, se utilizó un software demo para control estadístico, y se diseñaron formatos para reporte de producción, para control por variables, fichas técnicas, diseño de la probeta para caracterizar el producto extruido, formato de mantenimiento preventivo y hojas electrónicas en Excel.

4.4.1 Formato para reporte de producción. En este formato se registran las novedades que se presentan en la ejecución de cada orden de trabajo. El formato de producción contiene información acerca de especificaciones del material, información general, descripción de materias primas, especificaciones de máquina y de seguimiento del proceso de fabricación, Figura 4.

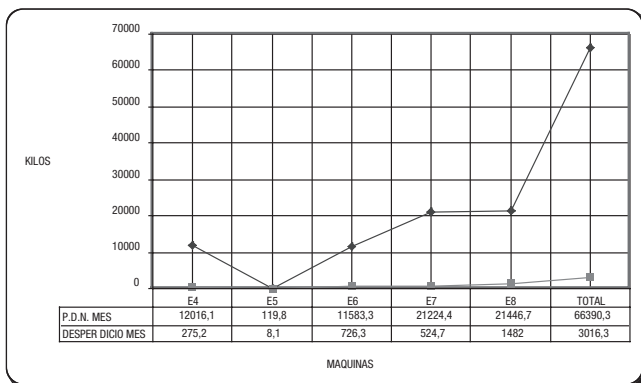


Figura 2. Producción y desperdicio mensual en el área de extrusión

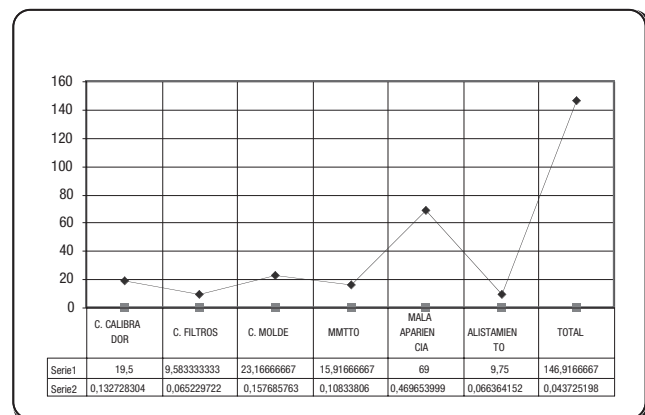


Figura 3. Causas y tiempo improductivo mensual en el área de extrusión

FORMATO DE LA PRODUCCION							
Fecha:				Especificaciones del material			
Orden Trabajo:				Ancho(Cm)	Calibre(pulg)	Tratado(dinas)	fuelle(zzq_der.)
Cliente:							
Referencia:							
Nombre operario:							
Extrusora No:							
Descripción Materias	Materia	Kilos	% Mezcla	% Kilos mezcla	No. Lote	Código almacén.	Molde:
	Total	0	0	0			
Especificaciones maquina:	Velocidad del motor	TEMPERATURAS DE EXTRUDER					
	V(rpm)	Z1(°C)	Z2(°C)	Z3(°C)	Z4(°C)	Dad(°C)	Cab(°C)
	Tratado:	cuchilla 1	cuchilla 2				
	Amperaje						
	Distancia						
REPORTE DE LA PRODUCCION							
TURNO 1							
ROLLO							
HORA							
Kg							
%Desperdicio							
Causas del desperdicio							
TURNO 2							
ROLLO							
HORA							
Kg							
%Desperdicio							
Causas del desperdicio							
TURNO 3							
ROLLO							
HORA							
Kg							
% Desperdicio							
Causas del desperdicio							
Códigos causas del desperdicio: prelistamiento (A), falla de termocuplas (B), daño caja reductora (C) , método de prelistamiento de máquina (D), falta de mantenimiento (E), variación de materia prima (F), cambio de % de mezcla (G), medio ambiente (H), método de calentamiento de máquina (J), máquina parada (I).							
OBSERVACIONES:							

Figura 4 Formato de producción para recolectar datos.

4.4.2 Formato para control por variables. Se utilizan para registrar datos muestrales y control de variables del producto (ancho y calibre). Tiene como finalidad conocer la variabilidad y la capacidad del proceso.

4.4.3 Fichas técnicas. En ellas se registran las especificaciones de las máquinas y de las materias primas utilizadas durante el proceso. Este formato es de vital importancia, ya que tiene la finalidad de crear un archivo o registro de las condiciones de operación de la máquina para cada orden de producción.

4.4.4 Diseño de la probeta para caracterizar el producto extruido. La probeta se obtiene del rollo a procesar con una longitud de 20 cm. El ancho, que es variable, se especifica en la orden de trabajo. Las variables a medir en la probeta son el ancho de la película y el calibre. Para establecer las variaciones del calibre, las mediciones se realizan en cinco puntos previamente definidos, Figura 5, con una tolerancia de $\pm 5\%$, del valor especificado en la orden de producción. Estos valores se registran en los formatos correspondientes. Para ver cómo está el proceso se hace seguimiento a un

pedido que tiene una frecuencia de producción de una vez por mes. La información se digita con una frecuencia de una hora u hora y treinta minutos, ya que es el tiempo en que aproximadamente se baja un rollo de las extrusoras y se obtienen las muestras.

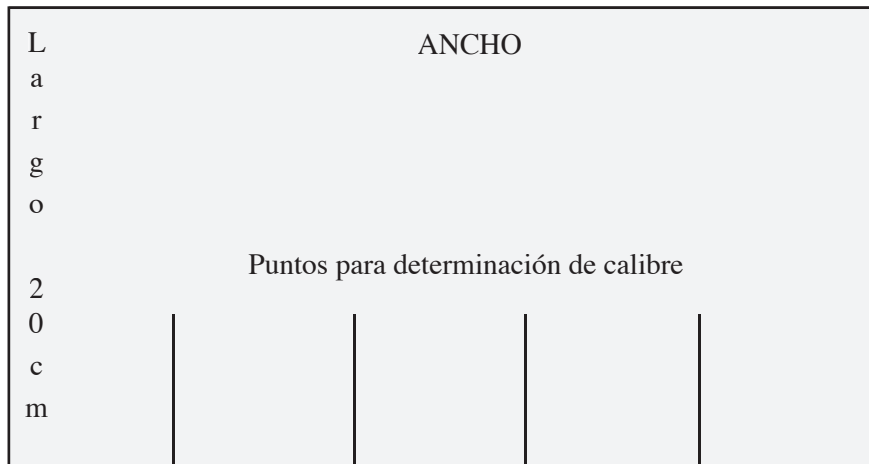


Figura 5 Modelo de probeta o muestra para determinar las características del producto extruido. El ancho depende de la orden de producción

4.4.5 Formato para actividades de mantenimiento preventivo. Ayuda a la programación y realización de las actividades de mantenimiento a las máquinas y equipos periféricos que componen el proceso de extrusión de película soplada.

4.4.6 Hojas electrónicas en excel. Se utilizan hojas electrónicas para registrar toda la información que se reporta en el formato de producción para cada máquina y con el fin de conocer la producción total por máquina, los desperdicios, causas y los tiempos improductivos. Igualmente, obtener los análisis que ayuden a encontrar más fácilmente los problemas que se presentan durante la producción, saber el impacto que generan y buscar posibles soluciones.

4.4.7 Demo de software de control estadístico. El sistema cuenta con una hoja electrónica de registro de datos muestrales que le permite capturar, corregir, eliminar, marcar, filtrar, transformar, consultar y reportar la información obtenida de inspecciones o pruebas de calidad. Se utilizan gráficas de control por variables en las que las variables a medir son dimensiones, generalmente se utiliza un diagrama de medias \bar{X} y un diagrama de rangos R . El diagrama muestra el valor promedio de la variable que se está midiendo y el de rango de variación entre los elementos dentro de las muestras. Esta información permite analizar el comportamiento del proceso y facilita la toma de decisiones.

4.4.8 Recolección y registro de la información. Con las herramientas establecidas para obtener una información más detallada y confiable, se inicia el proceso de registro, recolección y digitación en las hojas electrónicas de excel y en el software de control estadístico. La información se digita a diario, cada vez que se realice un cambio de turno o cuando una orden de producción queda completamente terminada, Figuras 6 y 7. La información de las hojas electrónicas en Excel corresponde a: producción total de mes, desperdicio, producción total por máquina, porcentaje del desperdicio total y porcentaje de desperdicio para cada máquina, causas del desperdicio y porcentaje en relación con el desperdicio total, causas de tiempo improductivo y porcentaje de tiempo improductivo con respecto al tiempo total.

Después de detectar las causas más relevantes que alteran el proceso de extrusión, se plantean diferentes actividades con el fin de mejorar e innovar el proceso, contando con el compromiso de la gerencia y de cada uno de los componentes del grupo de mejoramiento. Por tal

motivo se diseña un plan de acción,⁶ el cual se verificará analizando el comportamiento de las variables “desperdicio y tiempo improductivo”. Para llevar a cabo este análisis se definieron los indicadores:

indicador de desperdicio por cada causa, indicador de desperdicio por extrusora, indicador de tiempo improductivo por cada causa e indicador de desperdicio total, Tabla 1. Figuras 8 a 10.

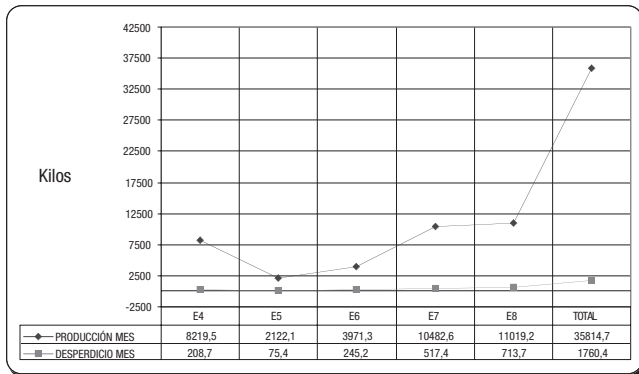


Figura 6. Producción y desperdicio mensual en el área de extrusión.

$I_{D_c} = \frac{C_{-D}}{D_{Tm}} \times 100 = \%$ <p>I_{D_c}, Indicador de desperdicio por cada causa C_{-D}, Causa de desperdicio D_{Tm}, Desperdicio total del mes</p>	$I_{D_e} = \frac{D.E_{\#}}{D_{Tm}} \times 100 = \%$ <p>I_{D_e}, Indicador desperdicio por extrusora $D.E_{\#}$, Desperdicio extrusor número D_{Tm}, Desperdicio total del mes</p>
$I_{T_{IMP_c}} = \frac{C_{-T_{IMP}}}{T_{IMP.T}} \times 100 = \%$ <p>$I_{T_{IMP_c}}$, Indicador de tiempo improductivo por cada causa $C_{-T_{IMP}}$, Causa de tiempo improductivo $T_{IMP.T}$, tiempo improductivo total</p>	$I_{DT} = \frac{D.T.M}{P.D.N_{TOTAL.M}} \times 100 = \%$ <p>I_{DT}, Indicador de desperdicio total $D.T.M$, Desperdicio total del mes $P.D.N_{TOTAL.M}$, Producción total del mes</p>

Tabla 1. Indicadores de desperdicio y de tiempo improductivo utilizados para visualizar la efectividad de las innovaciones propuestas.

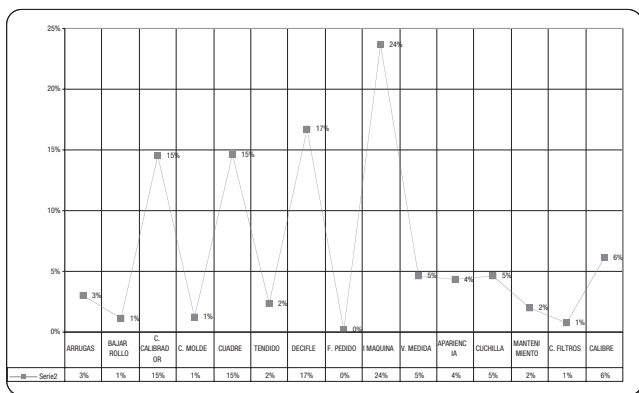


Figura 9. Indicador de desperdicio por cada causa que lo genera.

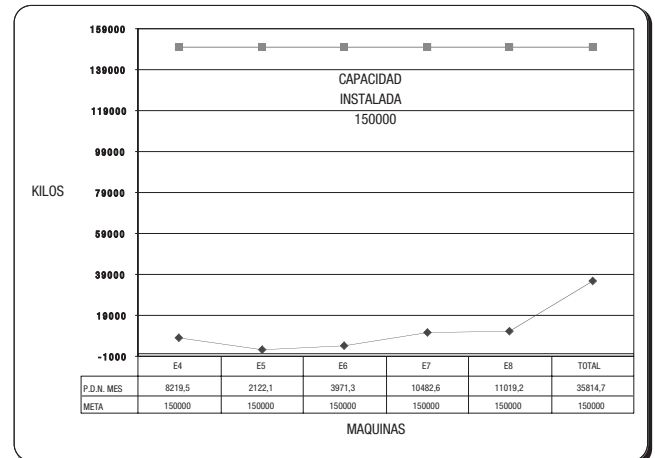


Figura 7. Control de producción total mensual vs. Capacidad instalada

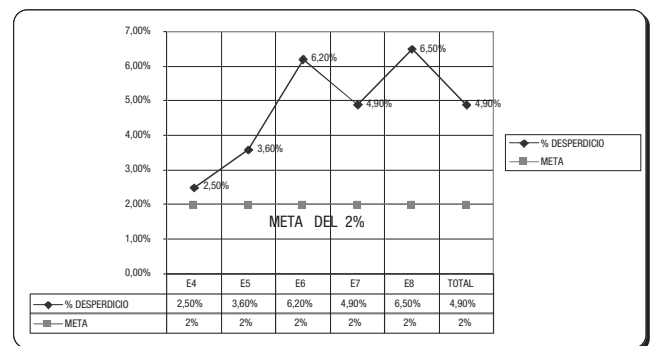


Figura 8. Indicador de desperdicio total comparado con las metas mensuales definidas de desperdicio

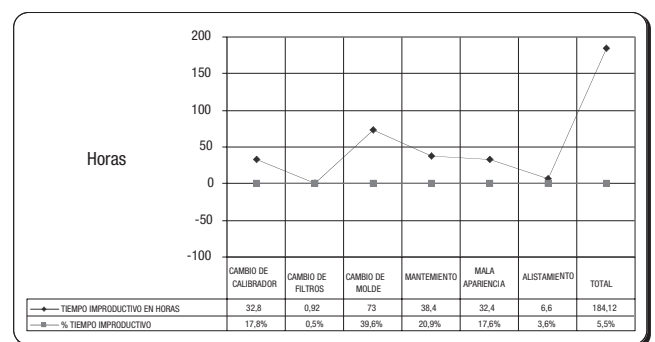


Figura 10. Indicador de tiempos improductivos por cada causa.

6 Herramientas que permiten establecer las debilidades del proceso y a partir de ellas generar métodos innovadores que aumenten la productividad del área de extrusión.

fueron: cambio de calibrador con una reducción del 76.5%, desinflés con una reducción del 60% e inicio de máquina con una disminución del 36.7%. La producción se mantuvo en promedio de 42 toneladas mes, Figura 12, aún inferior a lo presupuestado, según la capacidad instalada. La Figura 13 muestra la efectividad de las innovaciones aplicadas al proceso productivo en el área de extrusión.

6. Conclusiones

Con la aplicación de las herramientas innovadoras se obtuvieron los siguientes beneficios:

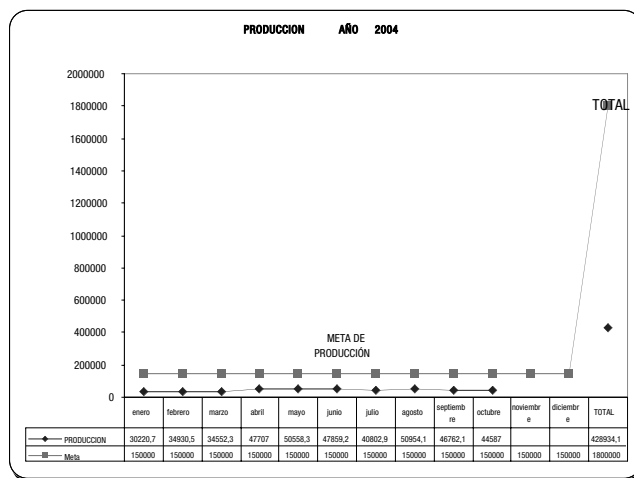
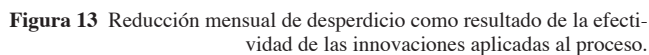


Figura 12 Variación de la producción mes por mes



- Los resultados se pueden verificar en la línea de tendencia, la cual muestra la reducción conseguida con algunos de los planes innovadores realizados.
- Los resultados obtenidos en los últimos meses indican la reducción de la variabilidad en el proceso ya que su desviación estándar fue menor durante la producción en los meses posteriores a la aplicación de los planes de innovación.
- Al realizar algunos de los planes de acción, apoyados por la alta gerencia, los resultados obtenidos se reflejaron en el producto final.
- Se obtuvo aumento del 24.3 % en la capacidad del proceso y del 27.1 % en el índice de habilidad del proceso de extrusión.
- Las herramientas de innovación permiten establecer las debilidades del proceso y a partir de ellas generar soluciones que aumenten la productividad. ⚙

7. Bibliografía

Icontec. Compendio de Normas Técnicas Colombiana sobre documentación. Bogotá. Colombia. 2004. 12p.

Juran J.M. Manual de Control de Calidad. Madrid. España. 1999. Volumen II MESA. Luis Alfonso. Siete herramientas estadísticas. Cali. Colombia, 2000.

Castañeda A., Jesús David. Innovación de la Gestión de Manufactura en la Pyme Metalmecánica, Productora de Bienes de Capital. Informe Final proyecto Ingeniería

de Innovación para Pyme Metalmecánica. Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Universidad Autónoma de Occidente. Cali, junio 2005

Richardson, Paul N. Introducción a la extrusión. California. USA. 1975. 55p.

ANSI/ASQC A1-1978. American National Standard. Definiciones, Símbolos y Tablas para Gráficas de Control.

ANSI/ASQC A1-1978. American National Standard. Formas, Símbolos y definiciones para el Muestreo de Aceptación.

Douglas C. Montgomery. Control Estadístico de la Calidad. Editorial Iberoamericana, S A México, D.F.

Duncan, Acheson. Control de Calidad y Estadística Industrial. Ediciones Alfa Omega. México 1989.

Grant, L.E., Leavenworth, R.S. Control Estadístico de Calidad 2ª Edición. Ceca. México 1996.

Montilla, O. Modelo de evaluación de gestión de empresas industriales del subsector de envases y empaques de plástico. Estudios Gerenciales Universidad Icesi. Enero – Marzo 2005. Cali, Colombia.

ANIF. Informe de Mercados Industriales. Productos Plásticos. Bogotá, 2000.

Vásquez, A. Aplicación de herramientas innovadoras para el mejoramiento continuo del área de extrusión de la empresa Polietilenos del Valle S.A. Trabajo de grado. Universidad Autónoma de Occidente, 2005.